

3. Revisão Bibliográfica

A revisão aqui apresentada aborda os principais trabalhos na área de localização de instalações e facilidades. Foi feita uma abordagem cronológica dos autores que trataram a questão de localização, expondo suas realizações e identificando os critérios que cada um deles adota na configuração de seus projetos.

Na literatura há basicamente duas abordagens na otimização da localização de plataformas. A minimização dos custos de desenvolvimento do campo com base nos custos de perfuração direcional e a maximização do VPL da receita com base nas previsões de curvas de produção.

A minimização do investimento total leva em consideração a existência de um ponto ótimo onde há o menor custo de perfuração direcional, menor número de plataformas necessárias e maior número de objetivos no reservatório atingidos por poços perfurados. Não são levados em consideração os comprimentos de tubulações na determinação das vazões de óleo dos poços e o comportamento do reservatório ao longo do tempo.

Em geral, o projeto de desenvolvimento de um campo visa à maximização do Valor Presente Líquido (VPL). Além do capital necessário ao investimento é preciso avaliar o impacto do sistema de coleta na recuperação de óleo. Segundo este ponto de vista, alguns autores como FRAIR e DEVINE (1975) utilizaram como critério de avaliação de localização da plataforma não somente o custo total do investimento mas também o VPL, considerando as vazões esperadas de óleo para a configuração do sistema de coleta. A vazão de cada poço é determinada através de uma única curva de declínio de produção, comum a todos os poços. Esta curva precisa ser definida previamente pois trata-se de um dado de entrada do modelo. A maximização do VPL considera o investimento total no desenvolvimento do campo e a receita derivada da vazão de óleo de cada poço ao longo do tempo.

Desta forma, a abordagem da maximização do VPL necessita das curvas de produção de cada poço. Estimar a produção futura em campos ainda não

desenvolvidos envolve considerável incerteza. Ainda que seja realizado grande esforço para calcular o VPL mais próximo da realidade, as curvas de produção podem sofrer grandes alterações em função de mudanças nas premissas adotadas quando da modelagem do problema. De outra maneira, segundo alguns autores, os investimentos têm maior grau de certeza na previsão dos custos de desenvolvimento de um campo. Assim, a minimização de investimentos também pode trazer resultados consistentes na maximização da rentabilidade do projeto. Dentro deste contexto, os citados autores preferem a abordagem da minimização de investimentos à maximização do VPL.

O primeiro trabalho significativo descrevendo o problema de localização de plataformas foi publicado por DEVINE e LESSO (1972). As variáveis de decisão utilizadas são basicamente a quantidade, a capacidade e localização das plataformas e a designação dos objetivos de perfuração às plataformas. A função objetivo procurava minimizar os custos de desenvolvimento. A rotina proposta é um processo iterativo consistindo nos seguintes passos: (1) os objetivos no reservatório são designados a cada plataforma arbitrariamente; (2) a localização de cada plataforma é determinada de modo a reduzir os custos de perfuração; (3) os objetivos são novamente atribuídos às plataformas para reduzir ainda mais os custos de perfuração; os passos (2) e (3) são repetidos até não haver alterações significativas no custo total. Como o número ótimo de plataformas é uma das variáveis de decisão, um dos problemas encontrados neste procedimento é devido ao fato de que o mesmo não determina a quantidade de plataformas a empregar, sendo o algoritmo repetido para cada número de plataformas considerado. A metodologia proposta baseia-se no problema de localização de p -medianas, descrito neste estudo.

Em seguida, o trabalho de DEVINE e LESSO (1972) foi ampliado por FRAIR e DEVINE (1975) com a inclusão de programação (*scheduling*) da perfuração de poços, construção de plataformas e a vazão de produção de cada reservatório a cada período de tempo. O objetivo deste problema foi maximizar o VPL. Na análise dos dados de entrada do problema foram consideradas curvas de declínio de produção dos reservatórios como parâmetros da otimização. Não são levadas em conta as influências dos comprimentos das tubulações dos poços na

vazão total do sistema ao longo do tempo, ou seja, aspectos ligados à perda de carga e temperatura e pressão dos fluidos. O problema foi dividido em dois subproblemas independentes. Um deles é a localização das plataformas e a alocação dos objetivos de perfuração no reservatório às plataformas. O outro subproblema é a programação de perfuração dos poços. Os detalhes da programação dos poços não representam um fator de contribuição para os demais trabalhos apresentados a seguir, mas certamente produzem informações importantes para a tomada de decisão da melhor localização da plataforma.

Utilizando a mesma metodologia de DEVINE e LESSO (1972) para a minimização do custo de desenvolvimento, DOGRU (1982) incluiu em seu trabalho a representação do campo de petróleo por uma rede de pontos e um procedimento para o particionamento desta rede. Para uma dada localização da plataforma, definiu uma área onde é possível perfurar poços respeitando os limites tecnológicos. Os pontos da rede representam as localizações dos objetivos no reservatório e as localizações das plataformas. O valor associado a cada ligação entre os pontos que representam os objetivos de perfuração à plataforma é a distância horizontal entre eles, definindo o custo de perfuração a ser minimizado. Como a solução ótima depende do número de posições testadas para localizar as plataformas, é possível encontrar uma solução rápida quando são estudados problemas de baixa complexidade, porém para questões mais complexas o tempo de processamento é praticamente inviável.

GRIMMETT e STARTZMAN (1987) propuseram um modelo que avalia locais previamente definidos para a possível perfuração de poços e outros locais viáveis para a instalação de uma plataforma. A avaliação individual de cada configuração possível entre todos os possíveis locais de fixação das plataformas e a alocação dos poços a estas, passando pela determinação do custo mínimo, acarreta num tempo de processamento proibitivo. Para obter a solução ótima com o mínimo de tempo computacional os autores empregam a programação linear inteira 0/1 resolvida pelo procedimento *branch and bound*. Simultaneamente são selecionados o tipo, tamanho, quantidade, localização das plataformas e a alocação dos objetivos de perfuração a estas plataformas. Com o objetivo de eliminar configurações não viáveis e reduzir o tempo computacional é realizado

um pré-processamento. A função objetivo é minimizar os investimentos e as restrições são de capacidade e tecnológicas.

A seguir, foi desenvolvido por WATSON *et al.* (1989) um modelo para localização de plataformas onde a otimização não é resultado de um sistema de equações lineares. A melhor solução depende da habilidade do projetista em analisar e interpretar os dados compilados pelo modelo proposto. O programa elaborado divide a área da superfície do mar em um *grid* onde cada vértice é uma possível localização da plataforma. Os objetivos no reservatório a serem alcançados por poços direcionais também estão definidos no *grid*. Para cada possível posição da plataforma são avaliados quais poços podem ser perfurados respeitando as restrições tecnológicas. Então é elaborada uma compilação de dados como o custo total de perfuração, custo da plataforma, volume das reservas de óleo, bem como os riscos associados a estas reservas, e o valor presente líquido das receitas. A análise é atemporal e considera no VPL as reservas de óleo que podem ser produzidas com os poços possíveis de serem perfurados em cada localização da plataforma. De posse destes dados a localização da plataforma é definida pelo projetista.

ROSING (1994) propôs maximizar a recuperação de óleo por meio da otimização da localização das plataformas e a alocação dos poços às plataformas. Os investimentos, ao invés de serem minimizados na função objetivo, são restrições do problema. O ponto principal de sua solução foi segmentar o campo em hexágonos onde os centros representam um potencial objetivo para a perfuração de um poço. O número e a capacidade das plataformas são fixados como dados de entrada.

Mais um passo em direção a evolução das soluções foi dado por CORTES (1998), que desenvolveu um modelo multiobjetivo solucionado por um algoritmo iterativo, onde é determinado um conjunto de soluções eficientes a serem avaliadas pelo decisor. Ela considera que, na localização de plataformas de produção, vários objetivos estão envolvidos e em muitos casos podem ser conflitantes. A abordagem multiobjetivo e iterativa leva em consideração as preferências do decisor expressas por pesos para cada um dos objetivos. O modelo contempla três objetivos que são a minimização dos custos de investimento com a

instalação e construção de poços e plataformas, bem como o custo de conexão dos poços a estas plataformas, maximização da produção de óleo em uma dada região e a minimização dos riscos ambientais. Quanto à minimização dos custos, sua abordagem é semelhante à adotada em problemas de localização. A maximização da produção de óleo assume como dado de entrada a estimativa para a produção de óleo associada a cada possível posição dos poços. A minimização dos danos ambientais considera os dados estatísticos sobre danos ocasionados pelo funcionamento de uma plataforma em função de sua capacidade e de sua localização.

Por fim, NADALETTI (2004) propôs a resolução do problema de localização de plataformas através da interação entre o homem e a máquina, ou seja, projetista e sistema computacional, em virtude da grande complexidade dos problemas de natureza combinatorial, onde nem sempre uma solução puramente algorítmica é capaz de satisfazer todos os casos. O autor sustenta que a adoção de uma maior interação entre os sistemas computacionais e o usuário pode levar a um resultado final mais preciso do que o obtido por quaisquer das entidades isoladamente. O modelo proposto leva em consideração obstáculos submarinos e a capacidade da plataforma, sendo que a função objetivo é minimizar os custos de investimento. Para a otimização do layout submarino o autor utilizou algoritmos disponíveis na literatura de Pesquisa Operacional classificando-os segundo as etapas da implementação da metodologia proposta, a saber: (1) algoritmos de agrupamento de poços; (2) associação de grupos de poços e plataformas; (3) posicionamento de plataformas, entre outros relacionados às ligações entre poços e plataformas.